

## (12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. März 2004 (04.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/019424 A2(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 41/083,  
41/047

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOECKING,  
Friedrich [DE/DE]; Kahlhieb 34, 70499 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/001799

(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;  
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).(22) Internationales Anmeldedatum:  
2. Juni 2003 (02.06.2003)

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

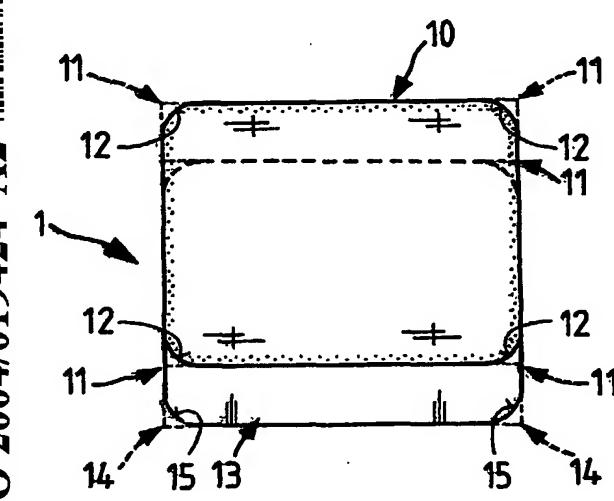
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

## Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des Berichts(30) Angaben zur Priorität:  
102 37 588.7 16. August 2002 (16.08.2002) DEZur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR



**(57) Abstract:** Disclosed is a piezoelectric actuator, e.g. for actuating a mechanical part, which allows reciprocal lateral contact between inner electrodes (3, 4: 10, 13) and outer electrodes (9: 19, 20) by means of a multilayer structure comprising piezoelectric layers (2) and intermediate inner electrodes (3, 4; 10, 13). The individual inner electrodes (10, 13) are rounded at the corners (11) formed by the cutting edges before being integrated into the multilayer structure. The corners of chamfers can also be rounded if the corners (11) are provided with a chamfer (16).

**(57) Zusammenfassung:** Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, bei dem mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2) und dazwischen angeordneten Innenelektroden (3,4;10,13) eine wechselseitige seitliche Kontaktierung der Innenelektroden (3,4;10,13) mit Außenelektroden (9;19,20) möglich ist. Die einzelnen Innenelektroden (10,13) sind vor dem Zusammenbau zu dem Mehrschichtaufbau an den durch die Schnittkanten gebildeten Ecken (11) gerundet. Wenn die Ecken (11) jeweils eine Fase (16) aufweisen, so können die Ecken der Fasen jeweils auch gerundet sein.

WO 2004/019424 A2

-1-

### Piezoaktor

#### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt.

Der Aufbau dieses Piezoaktors als sogenannter Multilayer-Aktor kann hier, wie beispielsweise in der DE 199 28 191 A1 beschrieben, in mehreren Schichten erfolgen, wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist darauf zu achten, dass

-2-

durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau keine störenden Rissbildungen entstehen.

Bei einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden können diese dabei in der Regel nicht immer vollständig bis an die gegenüberliegende Seite geführt werden, da sonst Spannungsüberschläge zur Zerstörung des Piezoaktors führen können. Die wechselseitige Kontaktierung ist derart aufgebaut, dass im Lagenaufbau jeweils zwei Innenelektroden, die eine anderspolige auf der gegenüberliegenden Seite kontaktierte Innenelektrode einschließen, auf einer Seite gemeinsam kontaktiert sind. Abwechselnd im Lagenaufbau ist nun jeweils eine dieser gemeinsam kontaktierten Innenelektroden unter Bildung einer neutralen Phase nicht bis an das Ende der Piezolagen und die jeweils andere bis an das Ende der Piezolage geführt.

Das Design der Innenelektroden wird hierbei in der Regel in Abhängigkeit von der notwendigen äußeren Form des Piezoaktors gewählt, wobei sich die meisten Aktorformen auch aus der Herstellungstechnik bzw. des Schneidens der Aktorstapel ergeben. Da es an den durch den Schnitt entstehenden Kanten leicht zu Spannungsüberschlägen kommen kann, ist oft eine Bearbeitung der Kanten notwendig, die aber, besonders wenn sie nachträglich am Aktor durchgeführt wird, sehr aufwendig und teuer sein kann.

#### Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden aufgebaut. Erfindungsgemäß sind die ein-

-3-

zernen Innenelektroden bereits vor dem Zusammenbau zu dem Mehrschichtaufbau an den durch die Schnittkanten gebildeten Ecken gerundet.

Wenn die Ecken jeweils eine Fase aufweisen, können dann auf einfache Weise die Ecken der Fasen jeweils auch gerundet werden. Es ist hierbei besonders vorteilhaft, wenn die Rundungen jeweils einen Rundungsradius von mindestens  $20\mu\text{m}$  aufweisen, um nicht als Spitze oder Kante zu wirken. Mit der Erfindung kann dann auf einfache Weise auf eine Bearbeitung der Kante des Piezoaktors verzichtet werden, da diese, insbesondere um nachträglich Rundungen herzustellen, aufwendig und teuer wäre.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Piezoaktors werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor nach dem Stand der Technik mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Pizokeramik und mit wechselseitig kontaktierten Innenelektroden und wellförmigen Außenelektroden,

Figur 2 eine Detailansicht der Innenelektroden mit gerundeten Ecken,

Figur 3 eine Detailansicht der Innenelektroden mit gerundeten Ecken, die bereits gefast sind, und

Figur 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Innenelektrodendesigns mit gerundeten Ecken oder Kanten.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein Piezoaktor 1 gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien 2 eines Quarzmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an hier nur schematisch gezeigten Innenelektroden 3 und 4 über außen kontaktierte Außenelektroden 5 und 6 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 erfolgt.

Aus der Figur 1 ist weiterhin ersichtlich, dass die Außenelektroden 5 und 6 als Wellelektroden ausgeführt sind, die an Kontaktflächen 8 mit jeweils zwei, die gleiche Polarität aufweisenden Innenelektroden kontaktiert sind. Die Piezolagen 2 bzw. 2a, 2b sind jeweils abwechselnd an den Ecken in einem vorgegebenen Bereich nach innen versetzt, wodurch sich eine Nut 9 bzw. 9a, 9b herausbildet.

In der Darstellung nach Figur 2 ist erkennbar, dass erfindungsgemäß eine Innenelektrode 10 an ihren gestrichelt dargestellten Ecken 11 jeweils mit einer Rundung 12 versehen ist. Die für die wechselseitige Kontaktierung versetzt angebrachte Innenelektrode 13 ist an ihren Ecken 14 jeweils mit Rundungen 15 versehen.

In Figur 3 ist eine Ausführungsform gezeigt, bei der bereits vorhanden Fasen 16 an den Ecken der Innenelektrode 10 ebenfalls mit einer Rundung 17 versehen worden ist. Das gleiche gilt für Fasen 16 an den Ecken der Innenelektrode 13 nach der Figur 3.

Aus Figur 4 ist noch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Designs für die Innenelektroden 10 und 13 zu entneh-

-5-

men, bei dem zusätzlich zu den Rundungen 12 wechselseitig jeweils gerundete neutrale Bereiche 18 ausgespart sind, so dass Außenelektroden 19 und 20 angebracht werden können.

-6-

Patentansprüche

1) Piezoaktor, mit

- einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2) und dazwischen angeordneten Innenelektroden (3,4;10,13) und
- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (3,4;10,13) mit Außenelektroden (9;19,20), dadurch gekennzeichnet, dass
- die einzelnen Innenelektroden (10,13) an den durch die Schnittkanten gebildeten Ecken (11) gerundet sind.

2) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass

- die Ecken (11) jeweils eine Fase (16) aufweisen und dass die Ecken der Fasen jeweils gerundet sind.

3) Piezoaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

-7-

- die Rundungen (12;17) jeweils einen Rundungsradius von mindestens 20µm aufweisen.

4) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Piezoaktor (1) zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen heranziehbar ist.

1 / 2

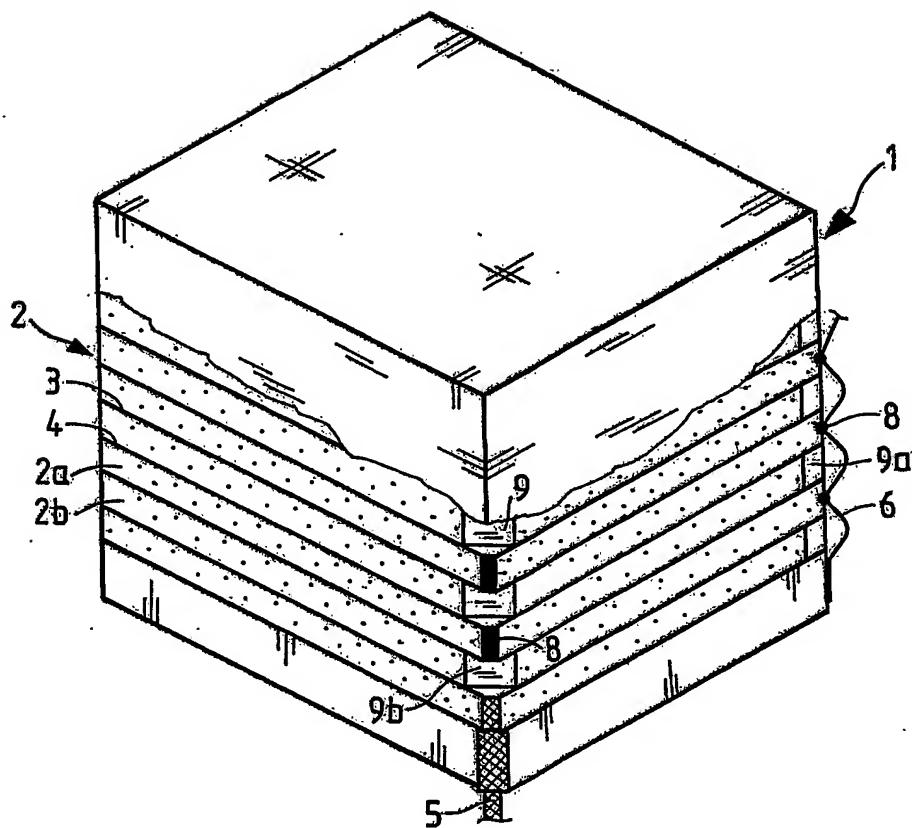


Fig. 1

2 / 2

